

# 디스크 브레이크의 제동특성에 관한 실험적 연구

한주현<sup>1</sup>, 조승현<sup>1</sup>, 김한구<sup>1</sup>, 이병관<sup>1</sup>, 김청균<sup>1</sup>  
(홍익대학교 트라이블로지연구센터),  
이일권<sup>2</sup>(대림대학 자동차과)

## Experimental study of Braking characteristics of Disk brake

<sup>1</sup>Joohyun Han(Tribology Research Center, Hongik Univ.),siam1999@hanmail.net

<sup>1</sup>Seunghyun Cho(Tribology Research Center, Hongik Univ.),coolcsh@empal.com

<sup>1</sup>Hangoo Kim(Tribology Research Center, Hongik Univ.),hgkim19@ssmoter.com

<sup>1</sup>Boungkwan Lee(Tribology Research Center, Hongik Univ.),adandy77@hotmail.com

<sup>1</sup>Chungkyun Kim(Tribology Research Center, Hongik Univ.),ckkim@wow.hongik.ac.kr

<sup>2</sup>Ilkwon Lee(Department of Automotive Engineering, Daelim College),iklee@daelim.ac.kr

### ABSTRACT

In this paper wear ratio, hardness and microstructure were experimented for study of friction wear characteristic of automotive disk brake considering running distance. In this work, 4 specimens were employed for test of the friction&wear tester as a function running distance. Despite the fact that brakes must operate under a variety of environmental conditions, most research has worked in laboratory with ideal condition.

**Keywords :** Disk brake, Friction, Wear, Hardness, Cast iron

## 1. 서론

자동차용 디스크 브레이크의 트라이블로지적 특성을 파악하기 위해서 그동안 많은 수치해석과 실험적 연구 등이 수행되어 왔다. Blau, Nichoson 등은 마찰 브레이크 소재의 조성을 개선하기 위해 다양한 실험과 수치적 연구를 계속 수행해오고 있다[1,2]. 이러한 디스크 브레이크의 마찰특성을 이해하기 위한 다양한조건 실험이 핀-디스크 실험에 의해 진행되고 있는데, 최근에는 핀을 대신하여 실제 라이닝-디스크 실험을 통해 실제와 근사한 브레이크 제동조건을 구현한 연구들이 발표되었다[3,4] Kim 등은 실제 자동차에 장착되어 사용된 후 디스크 떨림에 의해 교체된 디스크 브레이크의 시편을 주행거리별로 제작하여 표면조도와 경도 등을 측정함으로써 보다 실제조건에 근접하고자 하였다[5].

본 논문에서는 Kim 등의 연구와 동일하게 디스크 브레이크의 시편을 실험실의 마찰마모 실험기에 의한 핀-디스크실험을 통

해 실제 제동상에서 발생한 디스크 브레이크의 마찰, 마모 특성을 연구하였다.

## 2. 실험 방법

실험에 사용된 디스크 브레이크는 국산자동차제조업체의 승용대형차종에 사용된 것이며 주행거리가 0km, 10,369km, 20,983km, 29,433km 인 경우로서 신제품을 제외하면 모두 디스크떨림으로 교체된 제품들이다. 주행거리에 따른 디스크의 마찰, 마모특성을 파악하기 위해 10,000km 별로 시편을 제작하였다.

Fig. 1 은 본 연구에서 디스크 브레이크의 마찰, 마모 실험을 위해 사용한 마찰마모 시험기에 디스크 시편이 설치된 사진이다. 100kgf 의 로드셀을 장착하여 7.6kgf 의 균일한 하중이 핀을 통해 디스크에 전달되도록 하였고, 300rpm 의 회전속도로 30 분동안 실험을 수행하였다.

마찰마모 시험기에 의해 계산된 하중은 Fig. 1 에서 보여주는 Computer program 을 사용하여 전압으로 변환하여 측정하였다.

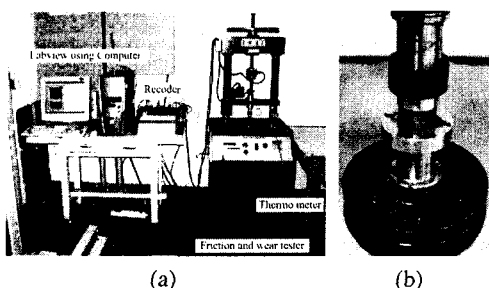


Fig. 1 Friction and wear tester.

### 3. 실험 결과

Fig. 2(a), (b)는 마찰마모 시험기에 의해 측정된 사용되지 않은 디스크 브레이크 시편의 마찰계수와 온도 분포를 나타낸 결과로서 각각 디스크 시편의 바깥쪽과 안쪽 접촉면에서 획득한 결과이다.

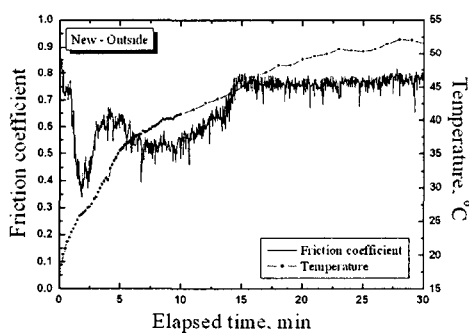
사용되지 않은 디스크 브레이크 시편은 라이닝 패드에 의해 마찰이 발생하지 않은 상태이므로 브레이크 시편의 바깥과 안쪽면의 마찰계수변화 차이가 거의 없다. 실험하는 동안 Fig. 2(a), (b)에서 실험 시작 후 약 10분까지는 마찰이 비교적 용이하게 이루어

지지만 10분이 경과하면 심한 소음을 발생시키면서 마찰계수가 증가하기 시작하였다.

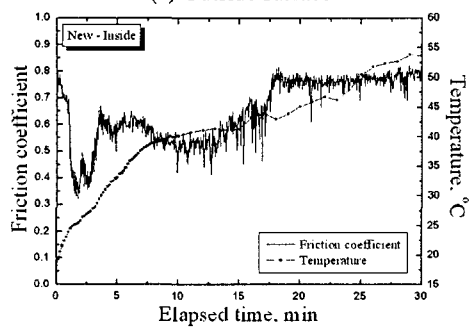
Fig. 3(a), (b)는 10,369km 주행한 디스크 브레이크 떨림현상으로 사용이 중단된 디스크 브레이크를 마찰마모 시험기를 사용하여 마찰계수와 온도 분포를 측정한 결과로서 각각 디스크 시편의 바깥쪽과 안쪽 접촉면에서 획득한 결과이다.

디스크 브레이크의 바깥표면에서 관찰한 마찰계수의 변화는 Fig. 2(a)의 사용하지 않은 디스크 브레이크의 바깥 표면의 마찰계수와 경향과 비슷하다. 그러나 마찰계수가 수렴하는데 소요되는 시간은 Fig. 2(a)의 것보다 더 걸리는 것으로 확인되었다. 이것은 마찰조건이 안정화되는데 시간이 많이 걸린다는 것으로 제동조건이 불안정하다는 것을 의미한다.

그러나 디스크 브레이크의 안쪽표면에서 관찰한 마찰계수는 마찰마모 시험기에 의한 실험을 진행하는 동안 오히려 낮게 수렴하였다. Fig. 3(a), (b)의 결과로부터 디스크 브레이크가 비록 10,369km의 짧은 주행거리 동안 사용된 경우도 바깥 표면과 안쪽 표면의 마찰조건이 확연히 다르다면 디스크 떨

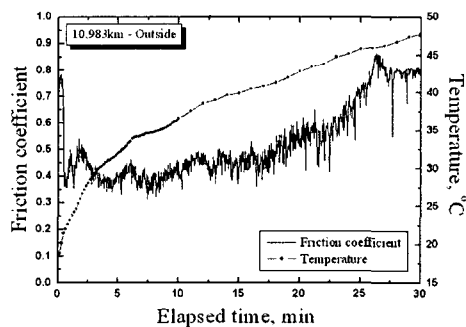


(a) Outside surface

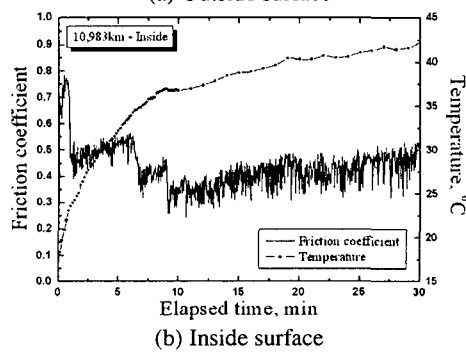


(b) Inside surface

Fig. 2 Friction coefficient and temperature on the rubbing surface of unused disk brake specimen.



(a) Outside surface



(b) Inside surface

Fig. 3 Friction coefficient and temperature on the rubbing surface of disk brake specimen with running distance of 10,369km.

립과 같은 불안정한 제동조건이 발생할 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 4(a), (b)는 20,983km 주행한 디스크 브레이크 떨림현상으로 사용이 중단된 디스크 브레이크를 마찰마모 시험기를 사용하여 마찰계수와 온도 분포를 측정된 결과로서 각각 디스크 시편의 바깥쪽과 안쪽 접촉면에서 획득한 결과이다.

그림에서 보여주는 바와 같이 디스크 브레이크의 바깥표면에서 관찰한 마찰계수는 시간이 약 10분 경과한 후부터 증가폭이 완만해졌다. 그러나 안쪽표면에서 획득한 마찰계수는 완만하게 수렴되는 시간이 좀 더 소요되었다.

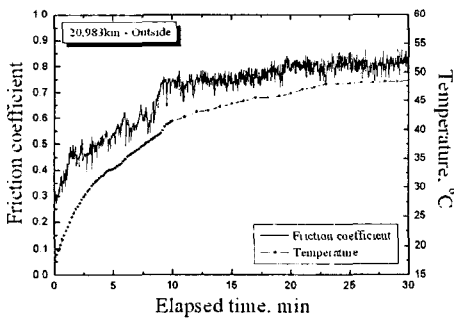
Fig. 5(a), (b)는 29,433km 주행한 디스크 브레이크 떨림현상으로 사용이 중단된 디스크 브레이크를 마찰마모 시험기를 사용하여 마찰계수와 온도 분포를 측정된 결과로서 각각 디스크 시편의 바깥쪽과 안쪽 접촉면에서 획득한 결과이다.

디스크 브레이크의 바깥 표면에서 관찰한 마찰계수는 실험이 시작된 후 소음을 동반한 비교적 가파른 상승을 하다가 실험 후 약 10분이 경과하면서 수렴을 하였다. 그러

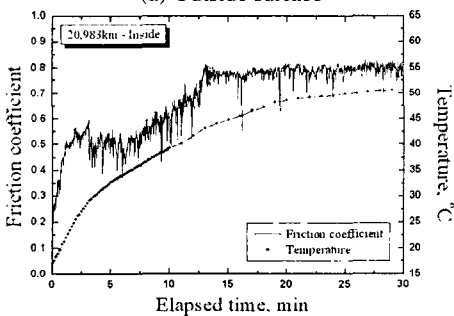
나 안쪽 표면에서의 마찰계수는 실험초반 낮은 마찰계수를 유지하고 중반으로 넘어가면서 약간 상승 후 다시 유지되는 현상을 보이다가 약 25 분이 경과한 후 소음을 동반한 과도마찰단계로 넘어가면서 급격히 마찰계수가 상승하였다. 이것은 마찰계수의 변화관찰에서는 안쪽 면이 바깥 면보다 경화의 영향을 더욱 많이 받은 것을 의미한다. 왜냐하면 경화가 심해지면 경도가 높아지고 따라서 동일가압력에 대해 마찰이 낮아지기 때문이다.

Fig. 6 은 마찰마모실험을 통한 마모율을 디스크 브레이크의 바깥면과 안쪽면으로 각각 나타낸 것이다. Archard 마멸방정식에 의하면 마모율은 경도에 반비례하므로 경도가 높을수록 마멸입자 발생이 적어진다. 경도가 높아지면 일반적으로 내마모성이 증가하게 된다. 경도를 측정해 보았을 때 브레이크의 주행거리가 증가될수록 경도가 증가하는 경향을 보였다[5]. 그러나 마모율의 경우 주행거리가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이지 않는다.

또한 주행거리가 증가할수록 디스크 브레이크의 표면조도가 증가하는 경향을 보여주

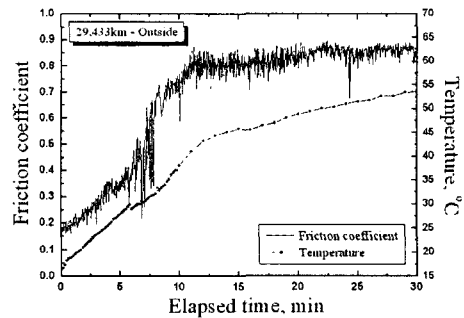


(a) Outside surface

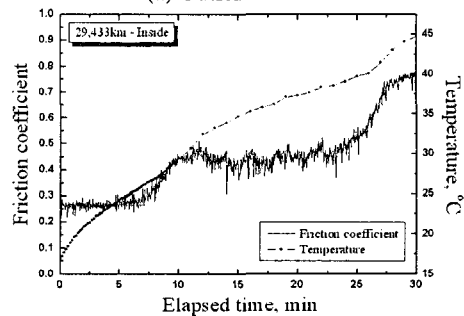


(b) Inside surface

Fig. 4 Friction coefficient and temperature on the rubbing surface of disk brake specimen with running distance of 20,983km.



(a) Outside surface



(b) Inside surface

Fig. 5 Friction coefficient and temperature on the rubbing surface of disk brake specimen with running distance of 29,433km.

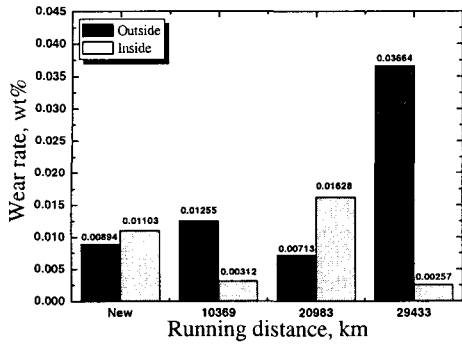


Fig. 6 Wear rate on the rubbing surface of disk brake after friction and wear testing.

었는데, 주행거리의 증가에 따라 마모율이 증가하는 것이 표면거칠기에 의해서도 큰 영향을 받기 때문으로서 디스크 브레이크 표면에서의 트라이볼로지적 특성을 파악하기 위해서는 다양한 인자에 대한 충분한 해석이 이루어져야만 한다[5].

Fig. 7 은 각 브레이크 시편의 최대온도를 나타낸 그래프이다. Fig. 2~Fig. 5 에서 나타난 것과 같이 디스크 브레이크의 표면온도는 마찰열에 의해 시간에 따라 증가하였다. 그러나 표면 마찰계수의 변화에 따라 온도변화는 달라졌다. 마찰이 점점 격해지면서 과도한 마찰로 넘어가려는 과정에서는 온도의 상승이 급격해지게 되고 비교적 마찰이 안정되면서 마찰계수가 유지되는 경우에는 온도의 상승폭이 낮은 것으로 관찰되었다. 주행 거리에 따른 디스크 브레이크 표면에서의 최대온도는 마찰마모 시험이 완료된 후 획득하였으며 Fig. 6 의 마모율과 비슷한 경향을 나타내었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 주행 거리에 따른 디스크 브레이크의 표면에서 마찰특성을 파악하기 위해 디스크 떨림으로 사용이 중단된 디스크 브레이크의 시편을 제작하여 마찰계수, 마모율, 표면온도를 바깥쪽 표면과 안쪽 표면에서 각각 관찰하여 비교하였다. 마찰계수의 경우 사용하지 않은 디스크 브레이크를 제외하고는 바깥쪽 표면과 안쪽 표면에서 획득한 마찰계수의 변화가 동일하지 않았다. 이것은 실제 주행 중 디스크 브레이크의 접촉면의 계동조건이 안쪽과 바깥쪽이 다르다는 것을 의미한다. 또한 디스크 브레이크의 양쪽면의 계동조건이 다르게 되면

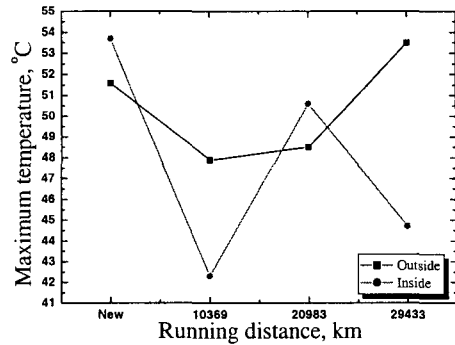


Fig. 7 Maximum temperature on rubbing surface of disk brake after friction & wear testing.

주행거리와 관계없이 디스크 떨림과 같은 트라이볼로지적 문제가 발생할 수 있다는 것을 보여주는 결과이다.

마모율의 경우 주행거리가 증가할수록 경도가 증가하여 마모율은 감소하는 것으로 예상하였으나, 실험결과는 주행거리가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이지 않는다. 주행거리가 증가할수록 표면거칠기가 증가한 디스크 브레이크의 시편을 사용한 본 연구의 경우 표면거칠기에 따른 영향을 무시할 수 없음을 알 수 있다.

따라서 주행 거리에 따른 디스크 브레이크의 마찰특성을 정확히 파악하기 위해서는 충분한 시편을 통해 표면거칠기, 경도, 마모율 등을 동시에 고려한 연구가 수행되어야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- (1) Blau P. J., "Compositions, functions, and testing of friction brake materials and their additives", pp. 2-4, Oak Ridge National Laboratory, 2001
- (2) Nicholson G., "Facs about friction", pp. 26-30, Goran Publishing, 1995
- (3) Cueva G., Sinatora, "Wear resistance of cast irons used in brake disc rotors", Wear 255, pp. 1256-1260, 2003
- (4) Mikael Eriksson, John Lord, "Wear and contact conditions of brake pads : dynamical in situ syuries of pad on glass", Wear 249, pp. 272-278, 2001
- (5) 김청균, 조승현 등, "주행 거리에 따른 디스크 브레이크의 마찰 마멸 특성 연구, 제 38회 한국운활학회 춘계학술대회논문집, pp.256-260, 2004